

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-313139

(13) 公開日 平成10年(1998)11月24日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 L 49/00

H 0 1 L 49/00

Z

G 0 1 P 15/125

G 0 1 P 15/125

H 0 1 L 21/3065

H 0 1 L 21/316

G

21/316

21/302

J

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願平9-119572

(71) 出願人

000004226

(22) 出願日

平成9年(1997)5月9日

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者

枚田 明彦

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者

町田 克之

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者

久良木 億

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(74) 代理人

弁理士 山川 政樹

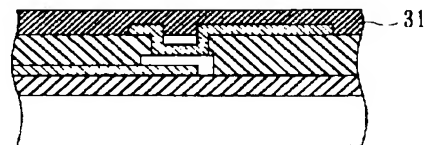
(54) 【発明の名称】 微小機械装置およびその製造方法

(57) 【要約】

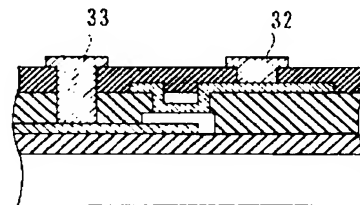
【課題】 同一半導体基板内に高密度に微小機械装置を集積させる。

【解決手段】 シリコン基板23上に順次積層された絶縁膜27、34と、可動領域として中空構造が確保された状態で絶縁膜27内に気密封止された微小機械素子23と、可動領域として中空構造が確保された状態で絶縁膜34内に気密封止された微小機械素子37とを備える。

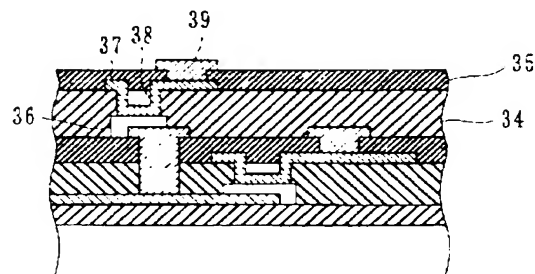
(e)



(f)



(g)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板上に順次積層された第1および第2の絶縁膜と、  
可動領域として中空構造が確保された状態で第1の絶縁膜内に気密封止された第1の微小機械素子と、  
可動領域として中空構造が確保された状態で第2の絶縁膜内に気密封止された第2の微小機械素子とを備えたことを特徴とする微小機械装置。

【請求項2】 請求項1において、  
前記第1および第2の微小機械素子は、第1および第2の絶縁膜に開口されたスルーホール中の電極を介して電気的に接続されていることを特徴とする微小機械装置。

【請求項3】 半導体基板上に絶縁膜を形成する工程と、この絶縁膜に凹部を形成する工程と、この凹部内に可動領域を確保した状態で微小機械素子を形成する工程とを有する微小機械装置の製造方法において、  
前記凹部の開口面よりも広い面積のフィルム上に薄膜を形成する工程と、

前記フィルムに形成された前記薄膜と前記凹部とを互いに向かい合わせ、前記凹部の開口面を覆うようにして前記薄膜を前記フィルムとともに前記凹部に載置する工程と、

前記フィルムに所定の圧力を付加することによって前記薄膜を前記凹部に転写する工程と、  
この転写された薄膜から前記フィルムを剥離する工程とを有することを特徴とする微小機械装置の製造方法。

【請求項4】 半導体基板の主表面に凹部を形成する工程と、この凹部の表面に絶縁膜を形成する工程と、この絶縁膜に形成された凹部内に可動領域を確保した状態で微小機械素子を形成する工程とを有する微小機械装置の製造方法において、  
前記凹部の開口面よりも広い面積のフィルム上に薄膜を形成する工程と、

前記フィルムに形成された前記薄膜と前記凹部とを互いに向かい合わせ、前記凹部の開口面を覆うようにして前記薄膜を前記フィルムとともに前記凹部に載置する工程と、

前記フィルムに所定の圧力を付加することによって前記薄膜を前記凹部に転写する工程と、

この転写された薄膜から前記フィルムを剥離する工程とを有することを特徴とする微小機械装置の製造方法。

【請求項5】 請求項4または5において、  
前記微小機械素子の上にさらに絶縁膜を形成する工程と、  
この絶縁膜に凹部を形成してこの凹部内に微小機械素子を形成する工程と、  
前記凹部の開口面よりも広い面積のフィルム上に薄膜を形成する工程と、  
前記フィルムに形成された前記薄膜と前記凹部とを互いに向かい合わせ、前記凹部の開口面を覆うようにして前

記薄膜を前記フィルムとともに前記凹部に載置する工程と、

前記フィルムに所定の圧力を付加することによって前記薄膜を前記凹部に転写する工程と、

この転写された薄膜から前記フィルムを剥離する工程とを有し、微小機械素子の積層構造を形成することを特徴とする微小機械装置の製造方法。

【請求項6】 請求項5において、  
前記微小機械素子が気密封止されている絶縁膜にコンタクトホールを開孔する工程と、

このコンタクトホール中に電極を形成する工程とを有し、

この電極を介して微小機械素子同士を電気的に接続することを特徴とする微小機械装置の製造方法。

【請求項7】 請求項3または4において、  
前記薄膜は、前記フィルム的一面に塗布されたSの原料成分シリカ系絶縁膜形成用塗布液を乾燥させることにより形成された薄膜であることを特徴とする微小機械装置の製造方法。

【請求項8】 請求項3または4において、  
前記フィルムは、ポリテトラフルオロエチレンによって形成されたフィルムであることを特徴とする微小機械装置の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体基板上に気密封止して形成された微小機械装置およびその製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来技術】 近年、エッチングプロセス技術を活用することにより、半導体基板上に微細な構造を作製することによって、半導体センサやアクチュエーター等の可動部を有する微小機械素子（マイクロマシン）を作製した例が多数報告されている。この手法により形成された微小機械素子は、基本的にはLSI製造と同じ技術によって形成されるため、微小機械素子の駆動回路または検出回路の集積が容易である。したがって、大量生産が可能となり、微細構造を安価な製造コストで容易に形成できる等の利点を有する。

【0003】 ところで、これらの微小機械素子は、環境からのゴミや湿気等の侵入を防ぐために気密封止される必要がある。また、微小機械装置として作製される圧力センサや流量制御装置等は、その機能を実現するためには半導体基板上に中空構造を形成する必要がある。例えば、図1に示すように半導体基板11に凹部12を形成し、その表面に絶縁膜13を形成して凹部12の内部に微小機械素子（図示せず）を設置し、薄膜14によって気密封止することが要求される。

【0004】 しかし、通常のエッチングプロセスで用いられるスパッタ法などの膜形成法では、基板表面にのみ膜が形

成されるため、微小機械素子の可動部分に接触させずに気密封止することは不可能である。現在、微小機械素子を形成したシリコン基板の気密封止には、気密封止用のガラス基板を陽極接合後、このシリコン基板に接合する手法が、用いられている。

【図1】ここで、従来におけるガラス基板を用いた微小機械素子の気密封止の例を図1に示す。図1は気密封止にガラス基板を用いた従来例を示す断面図である。図1(a)において、シリコン基板11上には絶縁膜12が形成され、絶縁膜12上には凹部13が形成されている。絶縁膜12の上にはポリシリコンによって形成された微小機械素子14と、微小機械素子14の周辺に介在して加えられたガラス基板15とが積層されている。

【図1(b)】このガラス基板15からは、微小機械素子14の可動部分を確保するための空間16の他に、微小機械素子14と導通を取るためのスルーホール17も形成されている。シリコン基板11とガラス基板15とを図1(a)の様に位置合わせを行った後、陽極接合によって接合する。その後、図1(b)に示すように、スルーホール17内に導電性ペースト18を埋め込んだ後、この導電性ペースト18に取り出し電極19を接続する。

【図1(c)】ここで、陽極接合の原理について図3を用いて説明する。図3はガラス71とシリコン72との陽極接合の原理を示す説明図である。ガラス71とシリコン72との接合は、両者を重ね合わせた後に300〜500℃に加熱するとともに1〜10V程度の電圧を印加することによって行われる。この結果、ガラス71の内部のイオンが移動する。そして、ガラス71内部のシリコン72側の負電荷とシリコン72の正電荷による静電力で表面同士が引き合って接触し共有結合を形成してガラス71とシリコン72とは接合される。

【図1(d)】

【発明の解決しようとする課題】このように、従来は図1(a)に示すように、1枚の半導体基板上に1層の微小機械素子を作製していた。そのため、複数の微小機械素子を作製する際、同一平面上に形成することができない微小機械素子については新たに別の基板上に作製しなければならず、微小機械装置の集積および小型化にとって大きな支障となっていた。本発明は、このような課題を解決するためのものであり、同一半導体基板内に高密度に集積した微小機械装置およびその製造方法を提供することを目的とする。

【図2】

【課題を解決するための手段】このように問題を解決するため、本発明に係る微小機械装置は、半導体基板上に1層と積層された第1および第2の絶縁膜と、可動部として中空構造が確保された状態で第1の絶縁膜内に気密封止され第1の微小機械素子と、可動部として中空構造が確保された状態で第2の絶縁膜内に気密封止さ

れた第2の微小機械素子とを備えたものである。このように構成することにより本発明に係る微小機械装置は、従来よりも高密度に微小機械素子を集積することができ、また、本発明に係る微小機械装置の製造方法は、凹部の開口面よりも広い面積のフィルム上に薄膜を形成する工程と、上記フィルムに形成された上記薄膜と上記凹部とを互いに密着させ、上記凹部の開口面を覆うようにして上記薄膜を上記フィルムとともに1枚部として積層する工程と、上記フィルムに所定の圧力を付加することによって上記薄膜を上記凹部に転写する工程と、この転写された薄膜から上記フィルムを剥離する工程とを有するものである。したがって、凹部内に形成された微小機械装置を、ガラス基板よりも薄い薄膜によって気密封止することから、積層構造の微小機械素子を容易に作製することができる。

【図3】

【発明の実施の形態】次に、本発明の一つの実施の形態について図を用いて説明する。まず、微小機械素子の気密封止の方法について説明する。本発明においては、従来のガラス基板を用いた場合の問題点を克服するため、以下のような手法を新たに提案する。図1は微小機械素子の気密封止に使用されるフィルムおよび薄膜を示す断面図である。図1において、フィルム1の上にはシリコン酸化物前駆体2が形成されている。

【図1-1】なお、本実施の形態では、フィルム1としてポリイタリウムまたはエチレン（ETFE）フィルムを使用し、シリコン酸化物前駆体2はS-O-C材料のシリカ系溶媒難溶性溶液を用いた。フィルム1の厚さは100〜200μmとしフィルム1の一面には、シリコン酸化物前駆体2が塗布され、その後乾燥させることにより3〜10μmの薄膜が形成されている。シリコン酸化物前駆体2の乾燥は、温度100℃の下で時間5〜10分に通って行われる。

【図1-2】また、フィルム1の材料としてETFEフィルムを例に挙げたが、これに限られるものではない。フィルム1上にシリコン酸化物前駆体2が形成可能であれば、他の材料のフィルムを用いてもよいことは言うまでもない。また、シリコン酸化物前駆体2の材料も上記のものに限られるものではない。必要とする精度および硬度を有するとともに400℃以下の熱処理でシリコン酸化物に変質可能なものであれば、他の材料によるシリコン酸化物前駆体2を用いても構わない。

【図1-3】また、シリコン酸化物前駆体2はゲル状の物質であり、フィルム1での加熱温度および乾燥時間を変化させれば、このシリコン酸化物前駆体2の硬度は自由に調整可能である。従って、硬度を調整することにより、半導体基板の開口部の内部に入り込むことなくシリコン酸化物前駆体2によって凹部の開口部を気密封止することが可能である。また、シリコン酸化物前駆体2は、熱処理によって通常のシリコン酸化物と同等の物質

および硬度を有するシリコン酸化物に変化するため、気密封止後も洗浄や熱処理等の100プロセスで扱われる処理の実施が可能となる。

【0014】次に、微小機械装置の気密封止の工程について図2、3を用いて説明する。図2、3は本発明に係る気密封止の工程の一例の実施の形態を示す断面図である。これらは図1で形成された薄膜を用いて、半導体基板上に形成した微小機械素子を気密封止する工程を示すものである。

【0015】図2（a）において、半導体基板であるシリコン基板21上には、第一の絶縁膜14と犠牲膜15と第二の絶縁膜17とが順次堆積されて形成されている。図2（b）において、絶縁膜17に対してリソグラフィ工程とエッチング工程を施すことにより、犠牲膜15が露出するように凹部17を形成する。図2（c）において、この凹部17を含む基板全面にA1を100nm堆積した後、リソグラフィ工程とエッチング工程とによって微小機械素子18を形成する。

【0016】図2（d）において、等方性エッチングによって微小機械素子18の上面側の犠牲膜15を除去して空間19を形成する。ここで、図4は微小機械素子の詳細な構成を示す断面図および平面図である。図4に示すように本実施の形態では、微小機械素子18としてシリコン基板21に対して面内方向の加速度を測定するための静電容量型（加速度センサ）をA1によって作製した。また、図4から明らかなように微小機械素子18の構造は島構造になっている。なお、凹部17の開口部は、100nm角の正方形としている。

【0017】また、犠牲膜15の除去には $CF_4+O_2$ 雰囲気下でのプラズマエッチングを使用した。また、絶縁膜14、17はCVD法によって $Si_3H_8+O_2$ 雰囲気下で $SiO_2$ を2000nm堆積し、犠牲膜15は膜厚が500nmの $Si_3N_4$ を使用した。

【0018】図2（e）において、図1の手法で形成したフィルム11上の膜厚3～10nmのシリコン酸化物前駆体12を、凹部17等を含む基板上に載置し、その後加熱しながら所定の圧力で押延することによって薄膜12を基板上に転写する。ここで転写方法としては薄膜が形成可能な転写方法であればいかなる手法でも良い。

【0019】なお、図2（e）の工程は真空中で実施される。また、図1で既に説明したようにシリコン酸化物前駆体12は、フィルム11上の乾燥によって必要とする硬度に調整されている。そのため、凹部17の中に入り込まずに凹部17の開口部を塞ぐことができる。

【0020】図2（f）において、フィルム11を剥離することによって基板上にシリコン酸化物前駆体12が形成される。その結果、微小機械素子18の周辺には空間17が確保される。なお、図2（g）の工程はガス中で実施される。

【0021】図2（h）において、シリコン酸化物前駆

体12に対して熱処理を施すことにより、基板上のシリコン酸化物前駆体12はシリコン酸化物20に変化する。本実施の形態では、酸素雰囲気下で400℃の熱処理を行った。この熱処理により、転写されたシリコン酸化物前駆体12は通常のシリコン酸化物と同等の膜厚および硬度を有するシリコン酸化物20となる。その結果、微小機械素子に対して運動空間を確保しながら気密封止することができ、また気密封止を行った後も洗浄やリソグラフィなどの100プロセスで用いられる処理を行うことが可能である。なお、図2（e）の工程は、酸素または酸素の雰囲気中で実施される。

【0022】次に、本発明に係る積層構造を有する微小機械素子の製造工程について説明する。図3、6は本発明に係る微小機械装置の製造工程の一例の実施の形態を示す断面図である。ここでは、絶縁膜にコンタクトホールを形成して上部から電極を取り出すとともに複数の微小機械素子を積層して形成した例を示す。

【0023】図3（a）において、シリコン基板23上には図2（c）と同様の構造が形成され、形成法は以下のとおりである。すなわち、シリコン基板23上に第一の絶縁膜24を形成した後、A1膜を堆積し、次にリソグラフィ工程とエッチング工程とによって電極25を形成する。さらに、犠牲膜26を堆積した後、リソグラフィ工程とエッチング工程とによって加工する。この後、第二の絶縁膜27を堆積し、リソグラフィ工程とエッチング工程とによって犠牲膜26の表面が露出するように凹部を形成する。

【0024】その後、A1膜を堆積しリソグラフィ工程とエッチング工程とにより、微小機械素子29を形成する。さらに、等方性エッチングにより、犠牲膜26を除去し、空間30を形成する。図3と同様に微小機械素子29としては、基板に対し水平方向の加速度を測定する静電容量型（加速度センサ）を作製した。または、垂直方向のセンサを作製してもよい。

【0025】図3（c）において、フィルム31上に形成したシリコン酸化物前駆体32を基板上に載置し、加熱しながらフィルム31とともにこのシリコン酸化物前駆体32を基板に対して押しつけることによって絶縁膜27および微小機械素子29上に転写する。図3（d）において、フィルム31を剥離する。図3（e）において、シリコン酸化物前駆体32を熱処理することにより、シリコン酸化物33を形成する。この結果、凹部27及び微小機械素子29および電極25は気密封止される。

【0026】図3（f）において、シリコン酸化物33に、リソグラフィ工程とエッチング工程とにより微小機械素子34の一部を露出するためのコンタクトホールを形成した後、引き出し電極35を形成する。この結果、半導体基板の上面から電極を引き出すことができ、さらに、シリコン酸化物33および絶縁膜27にコ

30

40

ンタクトホールを開孔した後、引き出し電極33を形成する。

【0057】図6(a)において、上記工程を繰り返すことにより積層構造に配置した微小機械素子を形成することができる。すなわち、電極33の上には空間34を確保したまま絶縁膜35が堆積され、空間34の上には微小機械素子36が形成されている。微小機械素子36の下面には空間35を確保したままシリコン酸化物37によって気密封止され、このシリコン酸化物37に開口されたコンタクトホールを介して電極33は微小機械素子36に接続されている。

【0058】なお、以上の実施形態においては、フィルム上に形成する薄膜に、シリコン酸化物前駆体を用いた。しかし、フィルム上への形成、半導体基板上への転写および分離により、凹部の中実空間を維持しながら開口部を開くことが可能であれば、他の材料の薄膜であっても構わない。

【0059】また、微小機械素子をA1、犠牲膜をSiで形成した。さらに、犠牲膜の除去には、C<sub>2</sub>F<sub>4</sub>/O<sub>2</sub>雰囲気下でのプラズマエッチングを使用した。しかし、半導体基板上に凹部を形成し、その中に可動部を有する微小機械素子の形成が可能であれば、微小機械素子や犠牲膜の材料および犠牲膜の除去法は、他の手法でも構わない。

【0060】また、1層または2層の電極から構成される微小機械装置を開孔したが、半導体基板上に凹部を形成し、その中に微小機械素子を形成可能であれば、他の構造を有する微小機械装置であっても構わない。例えば、一つの絶縁膜内に高さを違えて設けた複数の空間にそれぞれ微小機械素子を配置した構造をとっても良いし、複数堆積された絶縁膜に高さを違えて設けられた空間に微小機械素子を配置する構成をとっても良い。

【0061】また、半導体基板上に堆積した絶縁膜に凹部を開孔してその中に微小機械素子を設置するのではなく、図7に示すように半導体基板に凹部を開孔してその表面に絶縁膜を形成してから微小機械素子を設置しても良い。

【0062】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る微小機械装置は、積層して微小機械素子を形成することにより、従来と比べ半導体基板上に高密度に集積させることができる。また、本発明に係る微小機械装置の製造方法

は、以下に示す効果がある。

(1) フィルム上に形成した薄膜を半導体基板上に転写するといふ非常に簡単な工程で微小機械素子の気密封止を実現することができる。

(2) 気密封止用のガラス基板を必要としないため、製造コストの削減が可能である。

(3) 気密封止用のガラス基板を陽極接合するようなガラス基板の加工および接合時の位置合わせを必要としないため、工程を簡略化できる。

(4) この手法で形成される薄膜の膜厚は数μm程度の膜厚にすることができ、通常のICプロセスの手法で基板上面から電極を引き出すことが可能である。また、層間接合が容易となるため、半導体基板上に積層構造に微小機械素子を配置することができ、半導体基板上に高密度に微小機械素子を搭載することが実現できる。

(5) 薄膜としてSiO<sub>2</sub>塗布液を用いたシリコン酸化物を利用した場合、転写後の熱処理によって通常のシリコン酸化物と同等の硬度および膜質を有するようになるため、気密封止後も洗浄や熱処理など通常のICプロセスを行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係るフィルム上に形成された薄膜を示す断面図である。

【図2】 本発明に係る気密封止の工程を示す断面図である。

【図3】 本発明に係る気密封止の工程を示す断面図である。

【図4】 微小機械素子を示す断面図および平面図である。

【図5】 本発明に係る微小機械装置の製造工程を示す断面図である。

【図6】 本発明に係る微小機械装置の製造工程を示す断面図である。

【図7】 半導体基板に作製された気密封止構造を示す断面図である。

【図8】 従来例を示す断面図である。

【図9】 陽極接合法を示す説明図である。

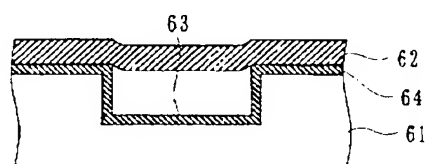
【符号の説明】

31、32…シリコン酸化物、33、34…電極、35…絶縁膜、36、37…空間、38…微小機械素子。

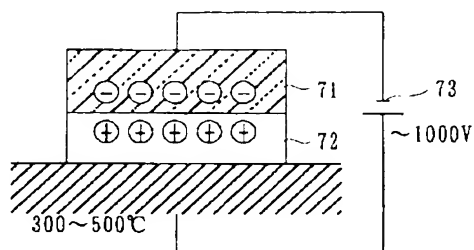
【図1】



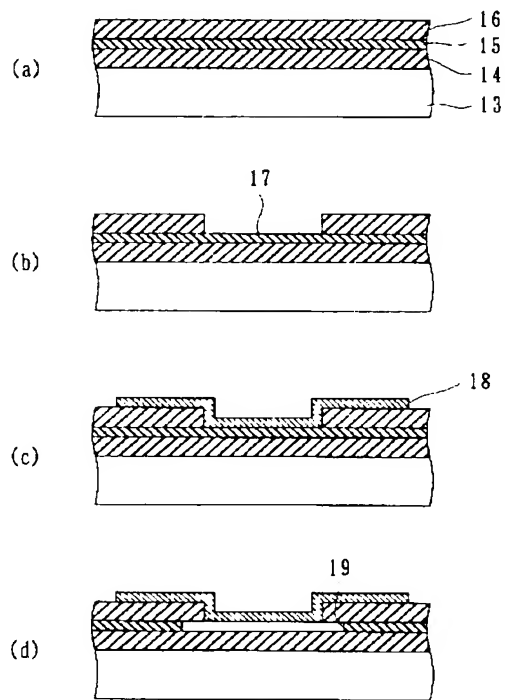
【例7】



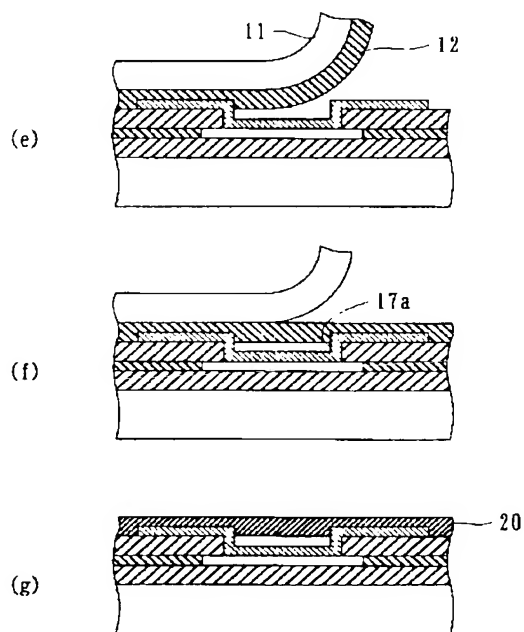
【例8】



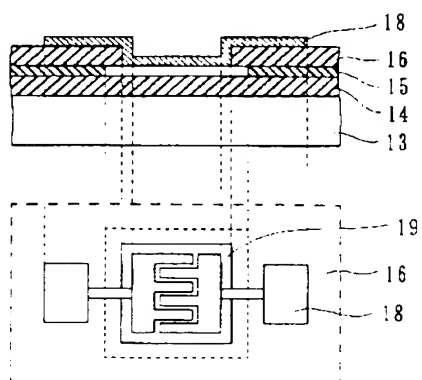
【例9】



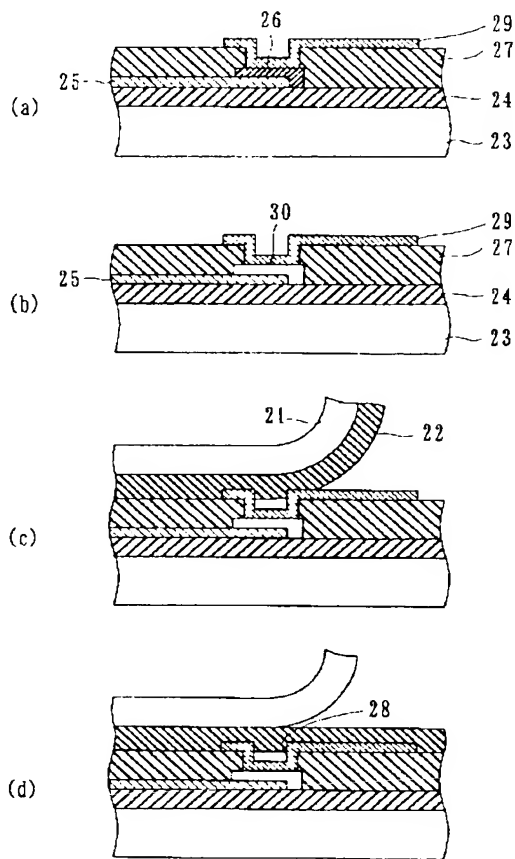
【例10】



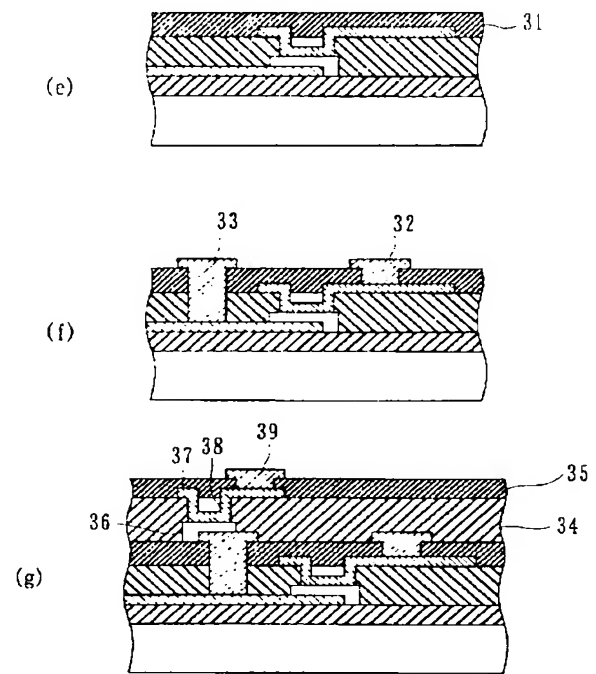
【例11】



【図5】



【図6】



【図8】

